

51

Int. Cl. 2:

C 03 C 17/00

19 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

C 23 C 15/00

DEUTSCHES



PATENTAMT

DE 27 50 421 A 1

11

Offenlegungsschrift 27 50 421

21

Aktenzeichen:

P 27 50 421.8

22

Anmeldetag:

11. 11. 77

43

Offenlegungstag:

17. 5. 79

30

Unionspriorität:

20 23 31

54

Bezeichnung:

Meßverfahren und Meßvorrichtungen für die Herstellung von
Vielfach-Schichtsystemen

71

Anmelder:

Leybold-Heraeus GmbH, 5000 Köln

72

Erfinder:

Stengel, Wolfgang, Dipl.-Phys., 8000 München

55

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE-AS 12 14 970

DE-AS 10 79 920

DD 1 06 203

DD 47 848

DE 27 50 421 A 1

2750421

19. Oktober 1977

77512

Ansprüche:

1. Meßverfahren für die Herstellung von Vielfach-Schichtsystemen aus abwechselnd hoch- und niedrigbrechenden Schichten auf transparenten Substraten unter kontinuierlicher Erfassung des Transmissions- und/oder Reflexionsverhaltens von Schichten, die gleichzeitig auf ein Testglas aufgebracht werden, welches von im wesentlichen monochromatischem Meßlicht beaufschlagt wird, wobei der jeweils reflektierte oder durchgehende Lichtanteil gemessen und das Meßergebnis zur definierten Unterbrechung des Beschichtungsvorganges verwendet wird, dadurch gekennzeichnet, daß zum Messen abwechselnd jeweils eines von mindestens zwei Testgläsern (23, 24) gleichzeitig einem Meßlichtstrahl und dem jeweils gleichen Strom des Beschichtungsmaterials ausgesetzt wird, so daß die hochbrechenden Schichten jeweils auf das eine Testglas und die niedrig brechenden Schichten jeweils auf ein anderes Testglas aufgebracht werden.
2. Meßverfahren nach Anspruch 1 für die Messung des Schichtaufbaus in Vakuumaufdampfanlagen, dadurch gekennzeichnet, daß jedes der Testgläser (23, 24) jeweils nur während des Verdampfens des gleichen Beschichtungsmaterials in dessen Dampfstrom und in den Strahlengang des Meßlichts eingebracht wird.
3. Meßverfahren nach Anspruch 1 für die Messung des Schichtaufbaus in Katodenzerstäubungsanlagen mit hoch- und niedrigbrechenden Targetmaterialien, dadurch gekennzeichnet, daß

909820/0116

- 2 -

2750421

19. Oktober 1977

77512

2

- 2 -

jedem Target (57, 58) gegenüber ein Testglas (23, 24) im Strahlengang einer Meßlichtquelle angeordnet ist, und daß die Substrate (21) abwechselnd in den Einflußbereich der verschiedenen Targets gebracht werden.

- 5 4. Vorrichtung zur Durchführung des Meßverfahrens nach den Ansprüchen 1 und 2, bestehend aus mindestens einer Meßlichtquelle mit einem zugeordneten Empfänger, einem elektrischen Schaltkreis für die Verarbeitung des Empfängersignals und einem Testglashalter für die Einbringung von Testgläsern in den Strahlengang der Meßlichtquelle, dadurch gekennzeichnet, daß der Testglashalter (22, 43) mindestens zwei Aufnahmen (44, 45) für Testgläser (23, 24) sowie einen Antrieb (26) aufweist, mit dem die Testgläser abwechselnd in den jeweiligen Dampfstrom und den Strahlengang (30) des Meßlichts einführbar sind.
- 10
- 15
- 20
- 25 5. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 und 3, bestehend aus mindestens einer Meßlichtquelle mit je einem zugeordneten Empfänger, einem elektrischen Schaltkreis für die Verarbeitung der Empfängersignale, mindestens zwei Testglashaltern und mindestens einem Substrathalter, dadurch gekennzeichnet, daß die Testglashalter (59, 60) den Targets (57, 58) gegenüber stationär angeordnet sind, und daß der Substrathalter (61) zwischen den Testglashaltern und den Targets in den Einflußbereich der Targets einführbar ist.

909820/0116

- 3 -

2750421

19. Oktober 1977

77512

3

- 2 -

LEYBOLD-HERAEUS GmbH & Co. KG
Bonner Straße 504
5000 Köln - 51

" Meßverfahren und Meßvorrichtungen für die Herstellung von
Vielfach-Schichtsystemen "

Die Erfindung betrifft ein Meßverfahren und Meßvorrichtungen
für die Herstellung von Vielfach-Schichtsystemen aus ab-
wechselnd hoch- und niedrigbrechenden Schichten auf trans-
parenten Substraten unter kontinuierlicher Erfassung des
5 Transmissions- und/oder Reflexionsverhaltens von Schichten,
die gleichzeitig auf ein Testglas aufgebracht werden, welches
von im wesentlichen monochromatischem Meßlicht beaufschlagt
wird, wobei der jeweils reflektierte oder durchgehende Licht-
anteil gemessen und das Meßergebnis zur definierten Unter-
10 brechung des Beschichtungsvorganges verwendet wird.

Die Herstellung von Vielfach-Schichtsystemen, die auch als
Interferenz-Schichten bezeichnet werden, spielt bei optischen
Erzeugnissen wie Kaltlichtspiegeln, Filtern etc. eine be-
deutende Rolle. Es handelt sich darum, innerhalb eines vor-
15 gegebenen Wellenlängenbereichs eine möglichst vollständige
Transmission oder Reflexion an dem Vielfach-Schichtsystem
zu erreichen, in den außerhalb liegenden Wellenlängenbereichen
jedoch möglichst Übergangslos eine vernachlässigbare Transmission
bzw. Reflexion zu erzielen. Die Erfüllung dieser Forderungen
20 setzt eine möglichst große Zahl von Einzelschichten voraus, wo-

909820/0116

- 4 -

2750421

19. Oktober 1977

77512

4

- x -

bei etwa 20 bis 30 einzelne Schichten üblich sind. Bei der Herstellung der Einzelschichten muß die zusätzliche Forderung beachtet werden, daß die Dicke jeder Einzelschicht möglichst genau einer Viertelwellenlänge des verwendeten, monochromatischen Meßlichts entspricht. Dies setzt nicht nur eine genaue Erfassung des zeitlichen Verlaufs des optischen Verhaltens der Schicht während des Schichtaufbaus voraus, sondern auch die Umsetzung der hierbei erhaltenen Meßwerte in einen Vorgang, der den Beschichtungsvorgang zeitlich genau definiert und möglichst abrupt unterbricht. Die Unterbrechung des Beschichtungsvorganges kann beispielsweise durch Einschwenken einer Blende in den Strom des Beschichtungsmaterials bewirkt werden.

Geringfügige Abweichungen in den Schichtdicken sind in den Anfangsschichten nicht besonders störend, weil derartigen Vielfach-Schichtsystemen ein sogenannter Autokompensationseffekt inne wohnt, d.h. geringe Abweichungen in der Schichtdicke können beim Aufbau der nächsten Schichten ausgeglichen, d.h. kompensiert werden. Dieser Autokompensationseffekt nimmt jedoch für die letzten Schichten des Systems ab. Beim Aufbau der letzten Schichten eines Vielfach-Schichtsystems haben sich jedoch die herkömmlichen Meßverfahren und -anordnungen als wenig brauchbar bzw. kompliziert zu bedienen erwiesen, weil die Meßsignale, die die Beendigung einer Viertelwellenlängenschicht anzeigen, nicht mehr genau erfaßbar bzw. unterscheidbar sind. Zum Verständnis dieses Vorganges wird auf die nachfolgend physikalische Gesetzmäßigkeit verwiesen:

- 5 -

909820/0116

2750421

19. Oktober 1977

77512

5

- 5 -

- Während des Aufbaus einer Schicht aus dielektrischem Material hat die Intensität eines durch das Meßobjekt hindurchgehenden oder von diesem reflektierten Meßlichtstrahls einen schwankenden Verlauf nach Art einer Sinuskurve. Dabei wird
- 5 ein erstes Maximum bzw. Minimum bei einer Schichtdicke von einer Viertelwellenlänge erreicht, ein zweites Maximum bzw. Minimum bei einer Dreiviertelwellenlänge. Dazwischen liegt ein Minimum bzw. Maximum bei einer halben Wellenlänge. Die Absolutwerte der Maxima und Minima verschieben sich etwas mit zunehmender Schichtdicke, jedoch spielt dies für das Meßverfahren keine ausschlaggebende Rolle. Bei der Erzeugung von
- 10 Schichten mit einer Dicke von einer Viertelwellenlänge muß somit die Abschaltung beim Auftreten eines Maximums oder Minimums des Meßsignals erfolgen. Um einen definierten
- 15 Schaltpunkt beispielsweise für die Blendenbetätigung zu erhalten, wird das Meßsignal häufig differenziert, so daß die Abschaltung beim Nulldurchgang des integrierten Signals durch einen sogenannten Nulldetektor herbeigeführt werden kann.
- 20 Die Messung des Schichtaufbaus erfolgt im allgemeinen nicht an den Substraten selbst, sondern an sogenannten Testgläsern, die inmitten der Substrate an einer Stelle angeordnet sind, an der Schichteigenschaften erzeugt werden, die denen der auf den Substraten niedergeschlagenen Schichteigenschaften entsprechen. Es ist bekannt, eine Vielzahl von Testgläsern
- 25 in einem Magazin eines Testglaswechslers bereit zu halten und die einzelnen Testgläser nach Beendigung des Beschichtungsvorgangs auszuwechseln.

- 6 -

909820/0116

19. Oktober 1977

77512 2750421

6

- 8 -

Um die gleichen Kondensationsbedingungen zu haben und die Vorteile der Autokompensation auch bei der Messung ausnutzen zu können, wurden bei anderen bisher bekannten Meßverfahren sämtliche Schichten eines Vielfach-Schichtsystems auf dem gleichen Test-

5 glas niedergeschlagen. Dies hat zur Folge, daß die für Meßzwecke allein ausschlaggebende Differenz zwischen den Intensitätsmaxima und -minima des Meßlichtstrahls mit zunehmender Schichtzahl ab-

nimmt. Bei den Meßsignalen muß die Gleichspannungskomponente kompensiert werden, was bei der Transmissionsmessung mit

10 ihren kleineren Absolutwerten bei gleicher Signalamplitude schaltungstechnisch einfacher ist als bei der Reflexions-

messung mit ihren höheren Absolutwerten. Dies führt dazu, daß bei der Reflexionsmessung etwa ab der 8. bis 10. Schicht,

bei der Transmissionsmessung etwa ab der 16. bis 20. Schicht

15 die Amplitudendifferenz so klein wird, daß sie für Meßzwecke nicht mehr ausreichend ist. Um die Abnahme der Differenz mit fortschreitender Zahl der Einzelschichten auszugleichen, wurde

bisher in der Regel so verfahren, daß der Verstärkungsgrad eines in der Schaltung für die Signalverarbeitung des Meßlichtstrahls

20 erhaltenen Verstärkers nach der Erzeugung jeder Einzelschicht soweit nachgeregelt wurde, daß die Differenz zwischen dem Maximum und dem Minimum der Intensität des Meßlichtstrahls im wesent-

lichen konstant gehalten wurde. Eine solche Maßnahme erfordert große Aufmerksamkeit bei der Bedienung einer Beschichtungs-

25 anlage und ist außerdem zeitaufwendig. Sie steht einer Automatisierung des Herstellverfahrens für Vielfach-Schichtsysteme entgegen. Hinzu kommt aber vor allem, daß mit zunehmendem Ver-

stärkungsgrad auch der unvermeidbare Störpegel in der Signal-

spannung entsprechend mitverstärkt wird, so daß sich ein zu-

30 nehmendes "Rauschen" bemerkbar macht, welches bei Schichtzahlen oberhalb etwa 12 Einzelschichten eine genaue Erfassung eines Intensitätsmaximums oder -minimums genauso unmöglich macht, wie

die exakte Erfassung eines Nulldurchgangs in dem differenzierten Meßsignal. Ein definiertes Abschalten des Beschichtungsvorgangs

35 wird damit unmöglich, so daß Schichtdickenabweichungen mit zunehmender Schichtzahl größer werden, wobei sich insbesondere bei den letzten Schichten Schichtdickenabweichungen deshalb

909820/0116

- 7 -

2750421

19. Oktober 1977 .

77512

7

- 2 -

störend bemerkbar machen, weil eine Autokompensation nicht mehr möglich ist.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Meßverfahren und Meßvorrichtungen für die Herstellung von Vielfach-Schichtsystemen anzugeben, bei denen Maxima und Minima im Intensitätsverlauf des Meßsignals auch bei fortschreitendem Schichtaufbau noch deutlich erkennbar sind, so daß eine Nachregelung des Verstärkungsgrades des Verstärkers in der Auswerteschaltung überflüssig ist.

- 10 Die Lösung der gestellten Aufgabe erfolgt bei dem eingangs beschriebenen Meßverfahren erfindungsgemäß dadurch, daß zum Messen abwechselnd jeweils eines von mindestens zwei Testgläsern gleichzeitig einem Meßlichtstrahl und dem jeweils gleichen Strom des Beschichtungsmaterials ausgesetzt wird, so daß die hochbrechenden Schichten jeweils auf das
- 15 eine Testglas und die niedrigbrechenden Schichten jeweils auf ein anderes Testglas aufgebracht werden.

- Durch eine solche Maßnahme wird erreicht, daß der Intensitätsverlauf über sämtliche Maxima und Minima der auf einem Testglas niedergeschlagenen Schichten des gleichen Dielektrikums von Schicht zu Schicht im wesentlichen unverändert bleibt. Hierdurch bleibt auch die Differenz zwischen Intensitätsmaximum und -minimum der einzelnen Schichten im wesentlichen unverändert, so daß eine Anpassung der Fotometerempfindlichkeit durch Skalenspreizung bzw. Nachregeln des Fotometerverstärkers nicht erforderlich ist. Die Meßempfindlichkeit und die Signalverstärkung bleiben während des Beschichtungsvorganges konstant. Durch die erfindungsgemäße Maßnahme wird
- 20
- 25

909820/0116

- 8 -

19. Oktober 1977

77512

8

- 8 -

- auch der Rauschanteil des Meßsignals nicht mit zunehmender Schichtzahl verstärkt, sondern kann von der ersten bis zur letzten Schicht vernachlässigt werden. Durch den Wegfall einer laufenden Änderung der Signalverstärkung eignet sich
- 5 das Meßverfahren insbesondere für die manuelle und automatische Herstellung von optischen Vielschichtsystemen wie Kaltlichtspiegel, Laserspiegel, Kantenfilter etc. Durch die Unterdrückung des ansonsten laufend zunehmenden Rauschanteils wird für jede Schicht eine Beendigung des Beschichtungsvorgangs im Intensitätsmaximum oder -minimum
- 10 des Meßsignals oder im Nulldurchgang des differenzierten Meßsignals ermöglicht. Die Schichtdicken der Einzelschichten können somit innerhalb enger Toleranzen gehalten werden, daß auf den Autokompensationseffekt verzichtet werden kann.
- 15 Bei einem Meßverfahren für die Anwendung in Vakuumverdampfanlagen wird am besten so verfahren, daß jedes der Testgläser jeweils nur während des Verdampfens des gleichen Beschichtungsmaterials in dessen Dampfstrom und in den Strahlengang des Meßlichts eingebracht wird. In diesem
- 20 Falle sind die Testgläser beweglich, wobei das jeweils gerade nicht bedampfte Testglas durch eine Abschirmvorrichtung vor einer Dampfkondensation geschützt wird.

- Bei Katodenzerstäubungsanlagen, in denen hoch- und niedrigbrechende Targetmaterialien auf mehreren Katoden angeordnet
- 25 sind und bei dem die Substrate auf einem Substrathalter angeordnet sind, der mit jedem Target zur Deckung gebracht werden kann, wird zweckmäßig so verfahren, daß jedem Target gegenüber ein Testglas im Strahlengang einer Meßlichtquelle angeordnet ist, und daß die Substrate abwechselnd in den

19. Oktober 1977
77512

9

- 8 -

Einflußbereich der verschiedenen Targets gebracht werden.
In diesem Falle ist im Einflußbereich eines jeden Targets
je ein Testglas ortsfest angeordnet, welches stets gemeinsam
mit den Substraten bestäubt wird. Durch die ortsfeste An-
5 ordnung der Testgläser muß jedem Testglas eine eigene Meß-
lichtquelle zugeordnet werden.

Die Erfindung bezieht sich außerdem auf Vorrichtungen zur
Durchführung des Meßverfahrens in Aufdampfanlagen einerseits
und in Katodenzerstäubungsanlagen andererseits, die ge-
10 kennzeichnet sind durch die in den Vorrichtungsansprüchen
angegebenen Merkmale.

Das erfindungsgemäße Meßverfahren sowie eine beispielhafte
Meßanordnung und Meßdiagramme, die auf die bekannte und auf
die erfindungsgemäße Weise gewonnen wurden, seien nach-
15 folgend anhand der Figuren 1 bis 7 näher erläutert.

Es zeigen:

- Figur 1 einen Vertikalschnitt durch eine Vakuum-Auf-
dampfanlage mit einer Vorrichtung zur Durch-
führung des erfindungsgemäßen Meßverfahrens,
- 20 Figur 2 eine Draufsicht auf einen Testglashalter mit
mehreren Aufnahmen für Testgläser, die nachein-
ander in den Dampfstrom gebracht werden können,
- Figur 3 einen Vertikalschnitt durch eine Katodenzer-
stäubungsanlage mit einer Vorrichtung zur Durch-

2750421

19. Oktober 1977

77512

10

- 10 -

führung des erfindungsgemäßen Meßverfahrens,

- Figur 4 einen Intensitätsverlauf des Meßsignals in Abhängigkeit von der Anzahl der Einzelschichten, wie er sich bei einer Messung nach einem bekannten Reflexions-Meßverfahren ohne Änderung der Verstärkungseinstellung ergeben würde,
- Figur 5 die Gegenüberstellung von Meßsignalen und differenzierten Meßsignalen, die unter Anpassung des Verstärkungsgrades bei einem herkömmlichen Meßverfahren beim Aufbau der Schichten 19, 20 und 21 gewonnen wurden,
- Figur 6 den zeitlichen Verlauf des Meßsignals analog Figur 4, jedoch unter Anwendung des erfindungsgemäßen Meßverfahrens und
- Figur 7 die Gegenüberstellung von Meßsignalen analog Figur 5 für die Schichten 19, 20 und 21, jedoch unter Anwendung des erfindungsgemäßen Meßverfahrens.

In Figur 1 ruht auf einer Grundplatte 10 unter Zwischenschaltung eines Dichtungsringes 11 eine Vakuumkammer 12. In der Vakuumkammer 12 ist auf der Grundplatte 10 eine Elektronenstrahlquelle 13 in Verbindung mit einem Drehtiegel 14 angeordnet, der mit Näpfen 15 und 16 für die Aufnahme von unterschiedlichem Beschichtungsmaterial versehen ist. In dem Napf 15 befindet sich hochbrechendes und in dem Napf 16 niedrigbrechendes Beschichtungsmaterial. Oberhalb des Dreh-

909820/0116

- 11 -

2750421

19. Oktober 1977

77512

11

- 11 -

5 tiegels ist eine schwenkbare Blende 17 angeordnet, die über eine Welle 18 mit einem Blendenantrieb 19 verbunden ist. Durch Schwenken der Blende 17 in die dargestellte Position kann der Dampfstrom, der von dem jeweils unter Elektronen-

10 beschuß stehenden Napf - im vorliegenden Falle der Napf 16 - ausgeht, abrupt unterbrochen werden. Oberhalb des Drehtiegels 14 befindet sich ein Substrathalter 20, der mit Substraten 21 beschickt ist und einen wesentlichen Teil des Querschnitts der Vakuumkammer 12 ausfüllt. Der Substrathalter weist ledig-

15 lich eine radiale, schlitzförmige Ausnehmung auf, in der ein Testglashalter 22 mit zwei Testgläsern 23 und 24 angeordnet ist. Der Testglashalter 22 steht über eine Schub-

20 stange 25 mit einem Testglasantrieb 26 durch die Vakuumkammer 12 hindurch in Verbindung. Die Testgläser 23 und 24 liegen in Richtung der Schubstange 25 hintereinander, und der Verschiebeweg des Testglasantriebs 26 ist so ausgelegt, daß durch eine Bewegung der Schubstange 25 nach links das Testglas 24 an die Stelle des Testglases 23 gebracht werden kann. Es versteht sich, daß der Testglashalter 22 mit einem nicht dargestellten Testglasmagazin zusammen wirken kann, um gegebenenfalls ohne Öffnen der Vakuumkammer 12 die Test-

25 gläser 23 und 24 auswechseln zu können. Um das jeweils gerade nicht benötigte Testglas - im vorliegenden Falle das Testglas 24 - gegen ein Bedampfen zu schützen, ist unterhalb des Testglas-

30 halters 22 eine Abschirmung 27 angeordnet. Diese Abschirmung besitzt eine Öffnung 28, deren Querschnitt im wesentlichen den Abmessungen der Testgläser entspricht. Wenn die Schubstange 25 nach links bewegt wird, gelangt das Testglas 23 über die Abschirmung 27, und das Testglas 24 kommt mit der Öffnung 28 zur Deckung.

909820/0116

- 12 -

2750421

19. Oktober 1977

77512

12

- 12 -

In der Vakuumkammer 12 befindet sich weiterhin eine Meßlichtquelle 29, in der ein gebündelter Meßlichtstrahl 30 erzeugt wird, der auf die Öffnung 28 bzw. auf das dahinter befindliche Testglas 23 (oder 24) ausgerichtet ist. In der
5 Verlängerung des Meßlichtstrahls 30 ist hinter dem Testglashalter 22 ein Empfänger 31 für den durchgehenden Teil 30a des Meßlichtstrahls angeordnet. Unterhalb des Testglasalters 22 ist ein weiterer Empfänger 32 für den reflektierten Teil 30b des Meßlichtstrahls 30 angeordnet. Es versteht
10 sich, daß je nach dem gewählten Meßverfahren nur einer der beiden Empfänger 31 oder 32 vorgesehen sein kann. Die Vakuumkammer 12 ist über einen Saugstutzen 33 evakuierbar.

Die Ausgänge der Empfänger 31 und 32 sind über Leitungen 34 und 35 mit einem Verstärker 36 verbunden, der seinerseits
15 über eine Leitung 37 mit einer Steuerschaltung 38 in Verbindung steht, die über eine Steuerleitung 39 den Blendenantrieb 19 im Sinne einer Öffnungs- oder Schließbewegung ansteuert. Die Steuerschaltung 38 ist über eine weitere Steuerleitung 40 mit einer Steuerschaltung 41 verbunden, die über
20 eine Steuerleitung 42 den Testglasantrieb 26 ansteuert.

Die Anordnung gemäß Figur 1 hat folgende Funktionsweise:
Zunächst wird aus einem der beiden Näpfe bei geöffneter Blende 17⁺) Beschichtungsmaterial auf die Substrate 21 und das Testglas 23 aufgedampft. Der Schichtaufbau wird mittels
25 der Meßlichtquelle 19, der Empfänger 31 oder 32, des Verstärkers 36 und der Steuerschaltung 38 überwacht. Sobald in der Steuerschaltung 38 ein Intensitätsmaximum und/oder Intensitätsminimum anhand der Empfänger 31 oder 32 oder ein Nulldurchgang des differenzierten Intensitätssignals re-

+) hochbrechendes

909820/0116

- 13 -

2750421

19. Oktober 1977

77512

13

- 13 -

gistriert wird, erhält der Blendenantrieb 19 über die Steuerleitung 39 einen Impuls, der die Blende 17 schließt. Unmittelbar danach erhält der Testglasantrieb 26 über die Steuerschaltung 41 gleichfalls einen Impuls, durch den das
5 Testglas 24 an die Stelle des Testglases 23 gebracht wird. Das Testglas 24, das nunmehr zusammen mit den Substraten 21 mit einer niedrigbrechenden Schicht versehen werden soll, ist zum Zwecke einer Intensitätssteigerung des Meßsignals bereits zuvor mit einer einzigen Viertelwellen-
10 längenschicht des hochbrechenden Materials versehen worden. Dieser Schritt läßt sich einfach in das Aufdampfverfahren einbeziehen, in-dem man die ersten beiden Viertelwellenlängenschichten aus hoch- und niedrigbrechendem Material auf das betreffende Testglas aufbringt und dieses Test-
15 glas danach nur noch mit niedrigbrechendem Material beschichtet, während das andere Testglas ausschließlich für die Beschichtung mit hochbrechendem Material dient. Außerdem wird durch Drehung des Drehtiegels 14 der Napf mit dem niedrigbrechenden Material an die Auftreffstelle des
20 Elektronenstrahls gebracht, so daß nunmehr - bei geöffneten Blende 17 - das niedrigbrechende Beschichtungsmaterial auf die Substrate 21 und auf das Testglas 24 aufgedampft wird. Sobald auch hier ein Intensitätsmaximum oder -minimum oder ein Nulldurchgang im Meßsignal auftritt,
25 wird die Blende 17 in zuvor beschriebener Weise in den Dampfstrom eingeschwenkt und der Beschichtungsvorgang damit unterbrochen.

Durch erneute Steuersignale wird nunmehr wiederum das hochbrechende Material an die Auftreffstelle des Elektronenstrahls
30 geschwenkt und das Testglas 23 in die dargestellte Position

909820/0116

- 14 -

19. Oktober 1977
77512

14

- 14 -

in den Strahlengang des Meßlichtstrahls 30 bewegt, worauf sich der Vorgang des Aufdampfens hochbrechenden Materials wiederholt. Der Aufbau der Vielfachschicht wird auf die angegebene Weise fortgesetzt, wobei sich auf den Substraten 21
5 abwechselnd hoch- und niedrigbrechende Schichten niederschlagen, während auf den Testgläsern 23 und 24 (gegebenenfalls mit Ausnahme der ersten Schicht) sich entweder nur hochbrechende oder niedrigbrechende Schichten niederschlagen.

Für optische Wechselschichtsysteme, die aus mehreren
10 Schichtmaterialien aufgebaut sind und deren Schichtdicken bei verschiedenen Wellenlängen auf die angegebene Weise gemessen werden, wird für jedes Schichtmaterial und jede Wellenlänge ein neues Testglas benötigt, so daß hierfür entsprechende, bekannte Testglaswechsler erforderlich sind.

15 Figur 2 zeigt einen Testglashalter 43 in Form einer Kreisscheibe mit mehreren Aufnahmen 44, 45 ... für Testgläser 46, 47, Der Testglashalter 43 ist an einer Welle 48 befestigt, um die er jeweils soweit geschwenkt werden kann, daß eines der beiden Testgläser 46 und 47 in den Strom des
20 Beschichtungsmaterials und in den Meßlichtstrahl gelangt. Während der Testglaswechsel in Figur 1 durch eine hin- und hergehende Bewegung erfolgt, geschieht dies bei dem Gegenstand nach Figur 2 durch eine Schwenkbewegung um einen Winkel, welcher der Teilung der Aufnahmen 44 und 45 entspricht.
25

In Figur 3 ist eine Katodenzerstäubungsanlage dargestellt, die aus einer Vakuumkammer 50 besteht, die ihrerseits aus einem

2750421

19. Oktober 1977

77512

15

- 15 -

Kammeroberteil 51 und einem Kammerunterteil 52 besteht. Im
Kammeroberteil 51 sind an vom Kammeroberteil isolierten Trag-
stangen 53 und 54 Katoden 55 und 56 angeordnet, an deren
Unterseite Targets 57 und 58 befestigt sind, von denen das
5 Target 57 aus hochbrechendem, das Target 58 aus niedrig-
brechendem Beschichtungsmaterial besteht. Dem Target 57
gegenüber ist ein ortsfester Testglashalter 59 für das
Testglas 23 und dem Target 58 gegenüber ein ortsfester Test-
glashalter 60 für das Testglas 24 angeordnet. Beiden Test-
10 gläsern sind in analoger Weise wie in Figur 1 Meßlicht-
quellen 29 und Empfänger 32 für den reflektierten Teil
des Meßlichtstrahls angeordnet.

Unterhalb der Katode 55 mit dem Target 57 ist ein Substrat-
halter 61 mit Substraten 21 angeordnet, wobei die Projektions-
15 fläche des Substrathalters im wesentlichen dem Querschnitt
der Targets 57 und 58 entspricht. Der Substrathalter 61
ist mittels einer Welle 62 in der Weise schwenkbar in der
Vakuumkammer 50 angeordnet, daß er in die gestrichelt darge-
stellte Position 61a gebracht werden kann, in der er mit
20 dem Target 58 zur Deckung kommt. Durch Verschwenken des
Substrathalters 61 in die beiden dargestellten Positionen
ist es möglich, die Substrate 21 bzw. 21a abwechselnd mit
den unterschiedlichen Beschichtungsmaterialien zu be-
schichten, aus denen die Targets 57 und 58 bestehen. Wie
25 in Figur 3 dargestellt, besitzt der Substrathalter 61 eine
zentrale Öffnung 63, unter der das Testglas 23 bzw. 24
angeordnet ist, und zwar in möglichst geringem Abstand.
Durch eine in Figur 3 nicht dargestellte Hubvorrichtung kann
erreicht werden, daß das Testglas 23 (und analog auch das

909820/0116

- 16 -

2750421

19. Oktober 1977

77512

16

- 16 -

Testglas 24) soweit durch die Öffnung 63 nach oben angehoben wird, daß die Oberfläche des Testglases 23 und die Oberflächen der Substrate 21 in einer gemeinsamen Ebene liegen. Auf die angegebene Weise schlägt sich auf dem Testglas 23
5 das gleiche Schichtmaterial in der gleichen Stärke nieder wie auf den Substraten 21. Nach dem Verschwenken des Substrathalters 61 in die Position 61a gilt das gleiche für das Testglas 24 auf dem sich, ebenso wie auf den Substraten 21a eine Schicht aus niedrigbrechendem
10 Material des Targets 58 niederschlägt. Auf die angegebene Weise wird erreicht, daß (gegebenenfalls mit Ausnahme der ersten Schicht) auf dem Testglas 23 nur Schichten aus hochbrechendem Material und auf dem Testglas 24 nur Schichten aus niedrigbrechendem Material aufgebaut werden.
15 Die Vakuumkammer 50 ist über einen Saugstutzen 64 evakuierbar.

In Figur 4 ist anhand eines Diagrammes der Verlauf des Reflexionsverhaltens während des Aufbaus von 16 Viertelwellenlängenschichten dargestellt, das mittels eines herkömmlichen
20 Meßverfahrens aufgenommen wurde, bei dem sämtliche Schichten auf dem gleichen Testglas niedergeschlagen wurde. Auf der Abszisse sind die einzelnen Viertelwellenlängenschichten von 1 bis 16 aufgetragen, auf der Ordinate der reflektierte Anteil des Meßlichts. Die Meßkurve 65 zeigt ein deutliches
25 Sinusverhalten, wobei die Amplitude, ausgehend vom unteren Bereich, mit zunehmender Schichtzahl deutlich sichtbar abnimmt, wobei etwa ab der achten bis zehnten Schicht eine für Meßzwecke auswertbare Differenz zwischen Maxima und Minima nicht mehr vorhanden ist. Die Differenz D_2 zwischen

909820/0116

- 17 -

19. Oktober 1977

77512

17

- 17 -

dem ersten Maximum \max_1 und dem ersten Minimum \min_1 der zweiten Schicht ist größer als die Differenz D_6 zwischen dem dritten Maximum \max_3 und dem dritten Minimum \min_3 der sechsten Schicht. Wie bereits weiter ausgeführt wurde, muß bei dem klassischen Meßverfahren der Verstärkungsgrad des Fotometerverstärkers nach jeder Schicht in der Weise verstellt werden, daß die Differenzen D_1, D_2, \dots, D_n zumindest annähernd gleich bleiben.

Figur 5 zeigt das Aussehen des jeweils verstärkten Meßsignals gemäß Figur 4, und zwar ist 65a das Meßsignal für eine aus TiO_2 bestehende Schicht Nr. 19, 65b das Meßsignal für eine aus SiO_2 bestehende Schicht Nr. 20 und 65c das Meßsignal für eine wiederum aus TiO_2 bestehende Schicht Nr. 21. Es ist zu erkennen, daß das "Rauschen" zunimmt, und daß eindeutige Maxima oder Minima nicht mehr feststellbar sind. In Figur 5 sind außerdem die Kurvenverläufe für die differenzierten Meßsignale 66a, 66b und 66c eingetragen. Es ist gleichfalls zu erkennen, daß die Nulldurchgänge 67a, 67b und 67c zu keinen eindeutigen Werten führen.

In Figur 6 ist gleichfalls in Diagrammform die Abhängigkeit der Intensität des reflektierten Meßlichtanteils während des Schichtaufbaus dargestellt, und zwar wurde die Meßkurve 68 durch das erfindungsgemäße Meßverfahren gewonnen, d.h. auf dem betreffenden Testglas wurde lediglich die Komponente mit dem hohen Brechungsindex aufgedampft, im vorliegenden Fall Viertelwellenlängenschichten aus TiO_2

19. Oktober 1977

77512

18

- 18 -

Auf der Abszisse sind die Schichtnummern der auf den Substraten niedergeschlagenen Schichten aufgeführt, auf der Ordinate die Reflektionseigenschaften der Schicht bzw. Schichten. Im vorliegenden Falle befinden sich auf dem Testglas lediglich Schichten mit ^{un-}geradzahliger Bezifferung. Die Schichten mit geradzahliger Bezifferung befinden sich auf einem anderen Testglas. Es ist zu erkennen, daß die Differenz zwischen den Maxima und Minima von der sechsten bis zur zwanzigsten Schicht im wesentlichen unverändert geblieben ist, und daß die Maxima und Minima deutlich ausgeprägt und meßtechnisch gut erfaßbar sind. Selbstverständlich nimmt die Intensität des reflektierten Meßlichtstrahls mit zunehmender Schichtdicke etwas ab. Bei einer optischen Schichtdicke von 20 Viertelwellenlängenschichten nimmt die Intensität gegenüber dem ersten Reflexionsmaximum um etwa 6% ab. Die Abnahme der Intensität ist auf Lichtverluste in der Schicht zurückzuführen, die von Absorption und Streuung herrühren. Extrapoliert man die Intensitätsabnahme, bis die Intensität nur noch 63% der Anfangsintensität beträgt, so wären hierzu rund 120 Viertelwellenlängenschichten erforderlich. Hieraus ergibt sich, daß der Einfluß der Gesamtschichtdicke auf das Reflexions- bzw. Transmissionsverhalten denkbar.

Figur 7 zeigt das Aussehen von unverstärkten Meßsignalen gemäß Figur 7, und zwar ist 68a das Meßsignal für eine aus TiO_2 bestehende Schicht Nr. 19, 68b das Meßsignal für eine SiO_2 bestehende Schicht Nr. 20 und 68c das Meßsignal für eine wiederum aus TiO_2 bestehende Schicht Nr. 21.

909820/0116

- 19 -

2750421

19. Oktober 1977

77512

19

- 19 -

Bei den Meßsignalen 68a und 68c handelt es sich praktisch
um im Maßstab veränderte Ausschnitte aus der Meßkurve 68
in Figur 6. Die Meßsignale 68a, 68b und 68c besitzen
eindeutige Maxima bzw. Minima. In Figur 7 sind außerdem
5 die Kurvenverläufe für die differenzierten Meßsignale
69a, 69b und 69c eingetragen. Es ist zu erkennen, daß
die Nulldurchgänge 70a, 70b und 70c eindeutig definiert
sind. Damit lassen sich einwandfrei Schalthandlungen für
die Beendigung des Beschichtungsvorganges bei Erreichen
10 einer Schichtdicke von einer Viertelwellenlänge aus-
lösen, ohne daß es einer Änderung der Fotometerver-
stärkung bzw. einer Skalenspreizung bedarf.

909820/0116

FIG. 1

- 23 -
2750421

Nummer:
Int. Cl. 2:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

27 50 421
C 03 C 17/00
11. November 1977
17. Mai 1979

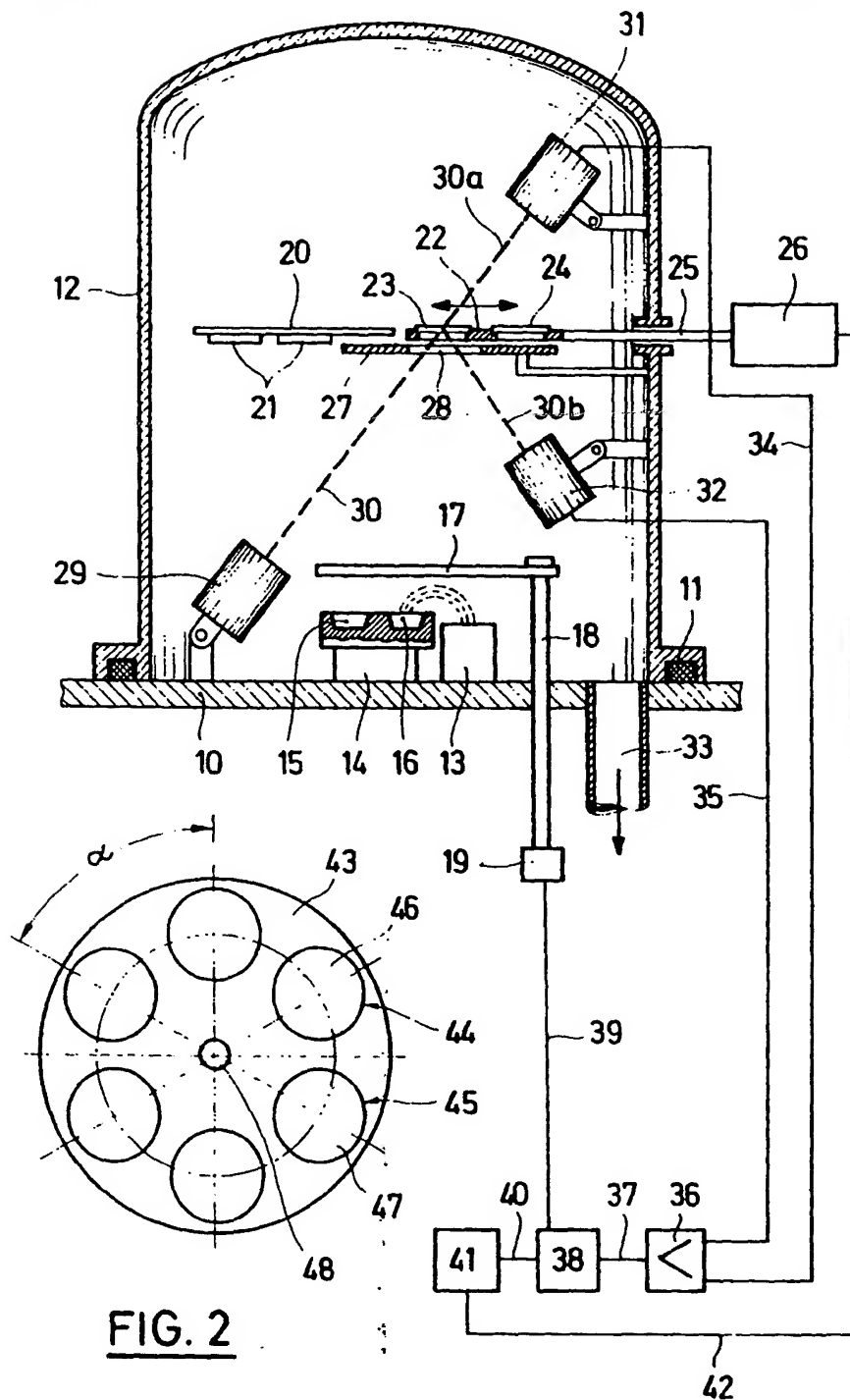
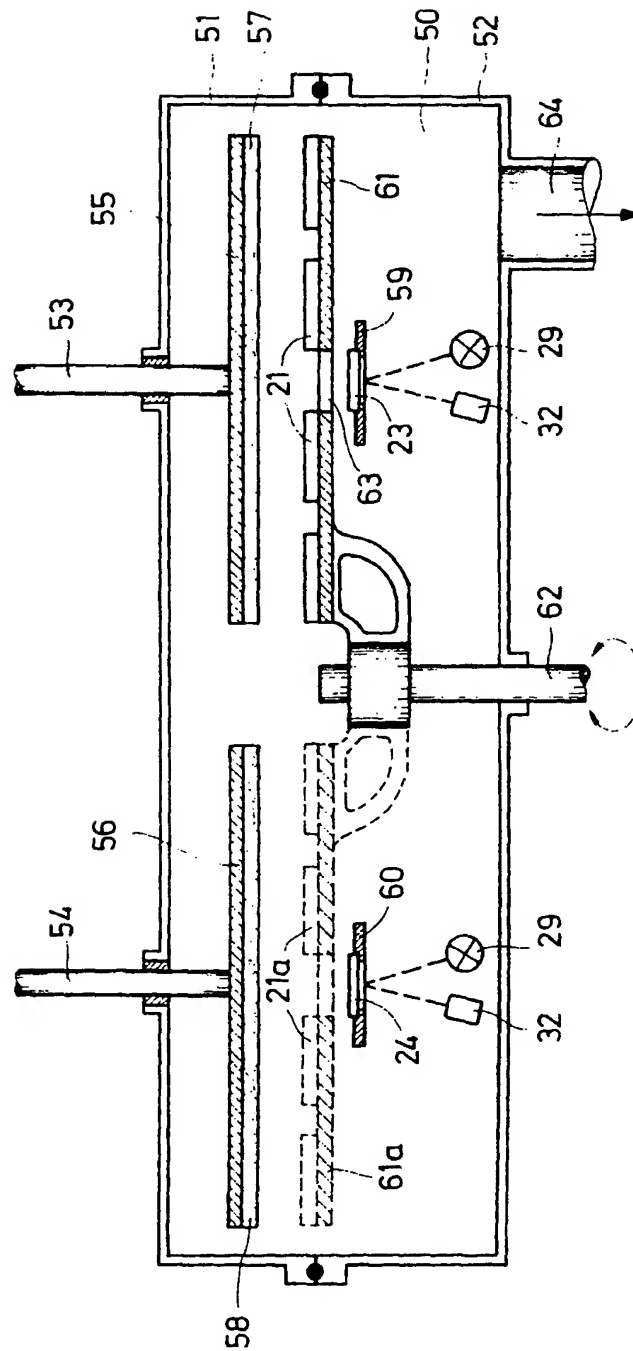


FIG. 2

909820/0116

FIG. 3



909820/0116

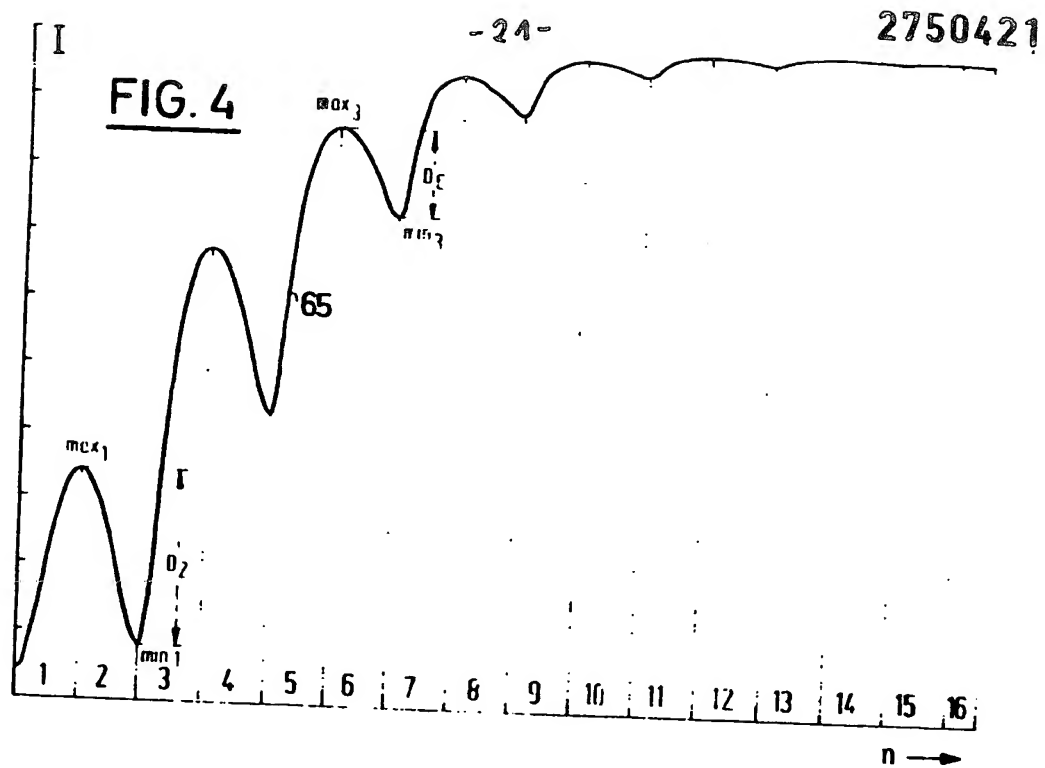
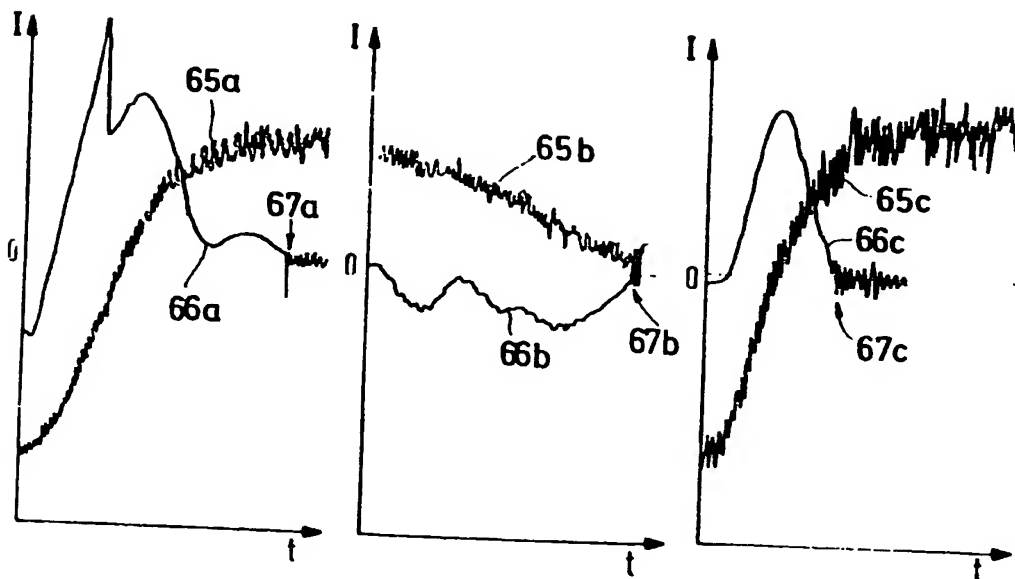
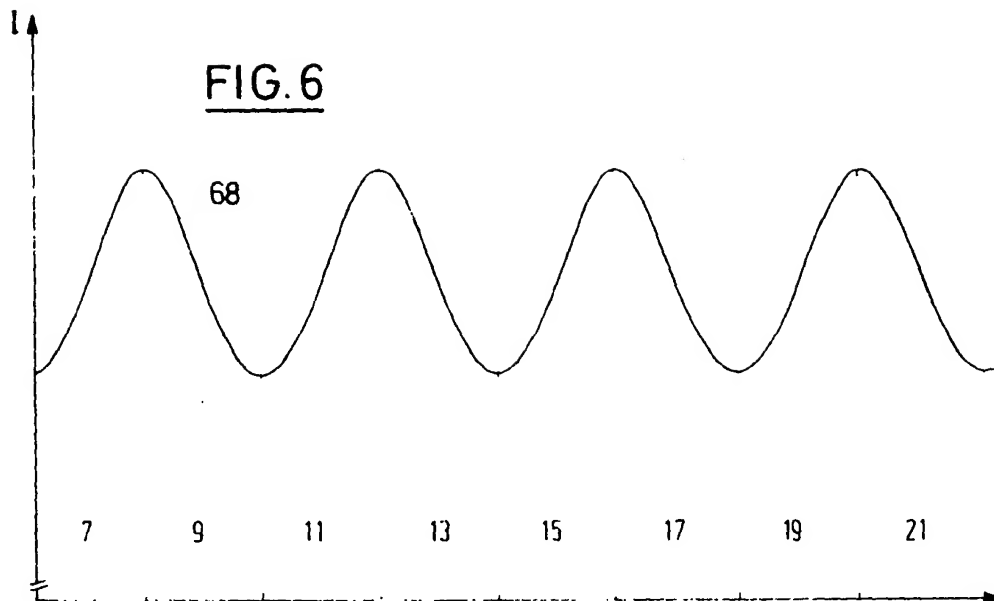
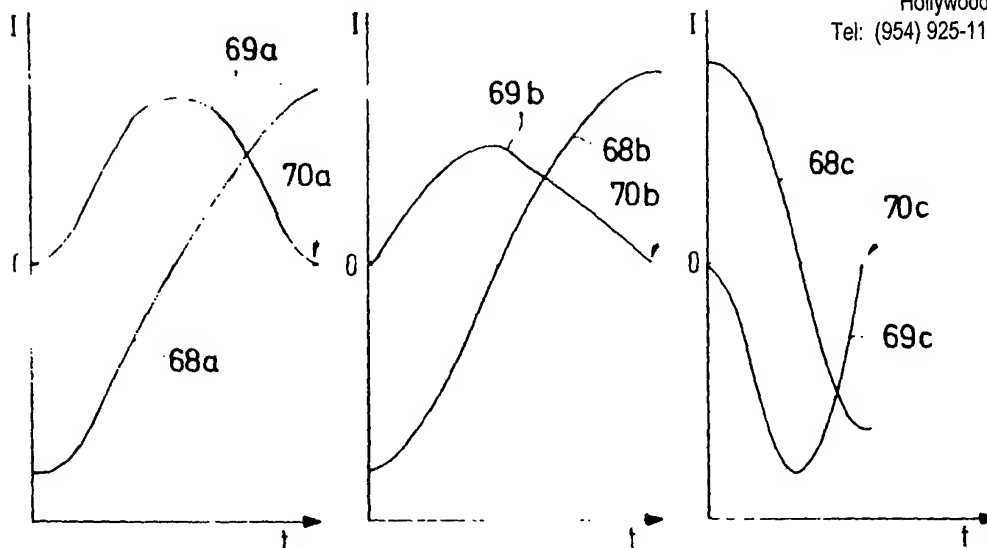


FIG. 5



909820/0116

**FIG. 7**Docket # 1999P8173Applic. # 10/033,950Applicant: Jürgen Siegel et al.

Lerner and Greenberg, P.A.

Post Office Box 2480

Hollywood, FL 33022-2480

Tel: (954) 925-1100 Fax: (954) 925-1101

909820/0116